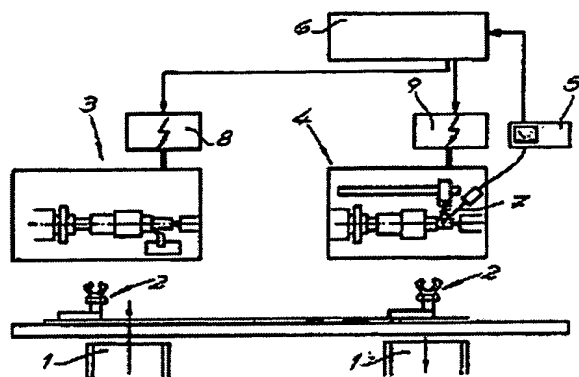


High precision cutting cylindrical surfaces on workpieces of iron alloy

Patent number: DE4432514
Publication date: 1996-03-14
Inventor:
Applicant: THIELENHAUS ERNST KG (DE)
Classification:
- **International:** B23P9/00; B23P17/00
- **European:** B24B33/04
Application number: DE19944432514 19940913
Priority number(s): DE19944432514 19940913

Abstract of DE4432514

The machining procedure entails subjecting the workpiece to a hardening process before turning. The hardened workpiece is turned down by hardening turning to a turned down dimension with a dimensional tolerance larger than 10 μm and with a surface roughness larger than $R_z 2 \mu\text{m}$. With turning down of the workpiece the dimensional tolerance refers to the enclosing circle of the surface roughness which also has a base circle.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**①⁹ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

Offenlegungsschrift
DE 44 32 514 A 1

Int. Cl.⁸:
B 23 P 9/00
B 23 P 17/00

21 Aktenzeichen: P 44 32 514.2
22 Anmeldetag: 13. 9. 94
43 Offenlegungstag: 14. 3. 96

DE 4432514 A1

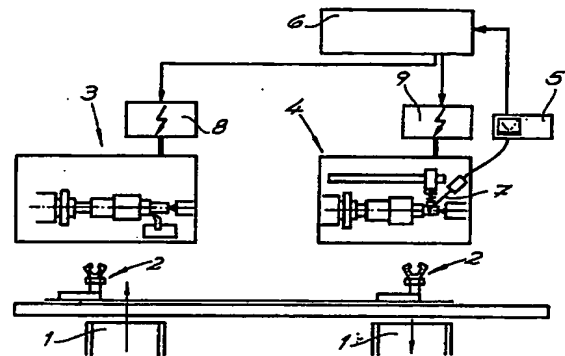
71) Anmelder:
Ernst Thielenhaus KG, 42285 Wuppertal, DE

74) Vertreter:
Andrejewski und Kollegen, 45127 Essen

72 Erfinder:
Antrag auf Nichtnennung

54) Verfahren zum abtragenden, hochgenauen Bearbeiten von zylindrischen Flächen an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung

57 Verfahren zum abtragenden, hochgenauen Bearbeiten von zylindrischen Flächen an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung, insbesondere aus härtbarem Stahl, durch Drehen und Schleifen. Das Werkstück wird vor dem Drehen der Härtungsbehandlung unterworfen. Das gehärtete Werkstück wird durch Hartdrehen auf das Abdrehmagmaß abgedreht. Beim Abdrehen des Werkstückes bezieht sich die Maßtoleranz auf den Hüllkreis der Oberflächenrauigkeit, die außerdem einen Grundkreis aufweist. Das abgedrehte Werkstück wird unmittelbar durch Honen auf die Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauhigkeit gebracht. Beim Honen wird die Weg/Zeit-Funktion der Abtragtiefe im Bereich zwischen Hüllkreis und Grundkreis sowie über den Grundkreis hinausgehend gemessen und aus diesen Messungen wird der Umschlagpunkt in der Weg/Zeit-Funktion ermittelt, hinter dem die Abtraggeschwindigkeit mit praktisch konstantem Wert ausläuft. Das Abdrehen wird über den Vorschub des Abdrehrzeuges so gesteuert, daß der Grundkreis der beim Abdrehen erzeugten Rauhtiefe mit möglichst geringem Abstand an den im Merkmal 1.5) definierten Umschlagpunkt anschließt.



DE 44 32 514 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01.98 508 091/432

9/28

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum abtragen-
den, hochgenauen Bearbeiten von zylindrischen Flächen
an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung,
insbesondere aus härtbarem Stahl, durch Drehen und
Schleifen. Das Verfahren ist insbesondere bestimmt für
die industrielle Serienfertigung von solchen Werkstück-
en, die in Losen großer Stückzahl gleich anfallen. Dabei
erfahren alle Werkstücke eines Loses die gleiche Bear-
beitung, für die Endwerte in bezug auf Fertigmaß und
Fertigrauhigkeit vorgegeben sind. Von Los zu Los kön-
nen sich diese Endmaße unterscheiden. Die Bearbeitung
der Werkstücke erfolgt in einer Bearbeitungslinie. Die
Anlage weist die entsprechend gereihten Bearbeitungs-
stationen und Fördereinrichtungen für die Werkstücke
auf.

Im Rahmen der aus der Praxis bekannten Maßnah-
men, von denen die Erfindung ausgeht, wird ein unge-
härteter Werkstückrohling im weichen, ungehärteten
Zustand abgedreht und als abgedrehtes Werkstück ge-
härtet. Das gehärtete Werkstück wird in einer Schleif-
station geschliffen. Der Schleifvorgang ist gleichsam ein
Grobschleifen. Verläßt das Werkstück die Schweißsta-
tion, so liegen die Maßtoleranzen z. B. im Bereich von 10
bis 15 μm , die Geometrietoleranzen im Bereich von 3
bis 10 μm , die Oberflächenrauhigkeit im Bereich von Rz
2 bis 10 μm . Durch ein anschließendes Honen erreicht
man die folgenden Endqualitätsparameter, nämlich
Maßtoleranzen im Bereich von 1 bis 5 μm , Geometrie-
toleranzen im Bereich von 0,5 bis 3 μm , Oberflächenrau-
higkeit im Bereich von Rz 0,2 bis 0,6 μm .

Die Anlage, die für die Durchführung der bekannten
Maßnahmen eingerichtet ist, ist mit entsprechenden Be-
arbeitungsmaschinen ausgerüstet.

Die bekannten Maßnahmen haben sich bewährt. Sie
sind jedoch zeitaufwendig und lassen ohne weiteres kur-
ze Taktzeiten nicht zu. Zwischen den einzelnen Bearbei-
tungsmaschinen müssen häufig Puffer im fertigungs-
technischen Sinne vorgesehen werden, weil die Bearbei-
tungsmaschinen mit unterschiedlichen Taktzeiten arbei-
ten. Die bekannten Maßnahmen verursachen daher hohe
Fertigungskosten und sind in anlagentechnischer
Hinsicht aufwendig. Die Leistung ist verbesserungsbe-
dürftig.

Im Rahmen der Bearbeitung von Werkstücken, die zu
bearbeitende kreiszylindrische Flächen nicht aufweisen
und bei denen an die Genauigkeit weniger strenge An-
forderungen gestellt werden, z. B. bei der Herstellung
von Synchronkegeln an Getrieberädern, ist es bekannt,
die Werkstücke zuerst zu härten, durch Hartdrehen mit
einem Vorschub von 0,1 mm/Umdrehung und niedriger
sowie mit einer Schnittgeschwindigkeit im Bereich von
60 bis 150 m/min abzudrehen. Im Anschluß daran er-
folgt ein Honen zur Erzielung einer Oberflächenrauhig-
keit von bis zu Rz 1 μm . Das Honen wird in der Praxis
auch als Finishen oder Feinschleifen bezeichnet. Zum
Begriff Hartdrehen wird auf die Literaturstelle "Werk-
statt und Betrieb" (1994), Seiten 320 bis 322, verwiesen.
Bei den insoweit bekannten Maßnahmen ist es nicht
möglich, mit extrem hoher Genauigkeit die Entquali-
tätsparameter einzuhalten. Die Maßtoleranz kann beim
Hartdrehen nicht sicher unter 10 μm gebracht werden,
da beim Hartdrehen eine In-Prozeß-Meßeinrichtung
wegen der hohen Werkstückdrehzahl nicht eingesetzt
werden kann. Die Rauhtiefe, die beim Drehen entsteht,
ist stark abhängig vom Vorschub und damit von der
Bearbeitungszeit. Rauhtiefen kleiner Rz 2 μm lassen

sich durch Hartdrehen nicht mehr wirtschaftlich herstel-
len.

Der Erfindung liegt das technische Problem zugrun-
de, anzugeben, wie bei dem eingangs beschriebenen
Verfahren auf einfache Weise und unter Verzicht auf
eine klassische Schleifbearbeitung extrem hohe Quali-
tätsparameter erreicht werden können, und zwar mit
hoher Leistung und kurzen Taktzeiten.

Zur Lösung dieses technischen Problems ist Gegen-
stand der Erfindung ein Verfahren zum abtragenden,
hochgenauen Bearbeiten von zylindrischen Flächen an
Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung, insbe-
sondere aus härtbarem Stahl, durch Drehen und Schlei-
fen, mit den folgenden Merkmalen:

- 1.1) das Werkstück wird vor dem Drehen der Här-
tungsbehandlung unterworfen,
- 1.2) das gehärtete Werkstück wird durch Hartdreh-
en mit einer Maßtoleranz von größer 10 μm sowie
mit einer Rauhtiefe von größer Rz 2 μm auf das
Abdrehungsmaß abgedreht,
- 1.3) beim Abdrehen des Werkstückes gemäß Merk-
mal 1.2) bezieht sich die Maßtoleranz auf den Hüll-
kreis der Oberflächenrauhigkeit, die außerdem ei-
nen Grundkreis aufweist,
- 1.4) das abgedrehte Werkstück wird unmittelbar
durch Honen auf die Endwerte in bezug auf Fertig-
maß und Fertigrauhigkeit gebracht,
- 1.5) beim Honen wird die Weg/Zeit-Funktion der
Abtragtiefe im Bereich zwischen Hüllkreis und
Grundkreis sowie über den Grundkreis hinausge-
hend gemessen und aus diesen Messungen wird der
Umschlagpunkt in der Weg/Zeit-Funktion ermit-
telt, hinter dem die Abtraggeschwindigkeit mit
praktisch konstantem Wert ausläuft,
- 1.6) das Abdrehen wird über den Vorschub des Ab-
drehwerkzeuges so gesteuert, daß der Grundkreis
der beim Abdrehen erzeugten Rauhtiefe mit mög-
lichst geringem Abstand an den im Merkmal 1.5)
definierten Umschlagpunkt anschließt,

wobei das Merkmal 1.4) und das Merkmal 1.5) mit einer
In-Prozeß-Meßsteuereinrichtung durchgeführt werden,
die einen Rechner aufweist, und wobei der Rechner das
Abdrehen nach Maßgabe des Merkmals 1.6), unter Be-
rücksichtigung der vorgegebenen Endwerte in bezug
auf Fertigmaß und Fertigrauhigkeit, steuert. Im Rahmen
der Erfindung wird man das gehärtete Werkstück durch
Hartdrehen mit einem Vorschub im Bereich von größer
als 0,1 mm/Umdrehung bis 0,3 mm/Umdrehung und ei-
ner Schnittgeschwindigkeit von 80 bis 150 m/min auf die
vorgegebene Maßtoleranz abdrehen. Überraschender-
weise sind hohe Genauigkeiten erreichbar, nämlich
Maßtoleranzen bis unter 3 μm , Geometrietoleranzen
bis unter 0,5 μm und Oberflächenrauhigkeiten bis unter Rz
0,1 μm . — Im Rahmen der Erfindung ist der Schleifvor-
gang ein Feinschleifen, nämlich ein Honen.

Im einzelnen bestehen mehrere Möglichkeiten der
weiteren Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfah-
rens. So kann beim Abdrehen eine Neuhärtebildung zu-
gelassen und diese durch das Honen abgearbeitet wer-
den. Nach bevorzugter Ausführungsform der Erfindung
berücksichtigt der Rechner der Meßsteuereinrichtung
die Drehtoleranzen beim Hartdrehen. Um aus den Meß-
ergebnissen den Umschlagpunkt abzuleiten, bestehen
mehrere Möglichkeiten. Er kann an der der Weg/Zeit-
Funktion entsprechenden Kurve als ein kleiner Knick
abgelesen werden. Am einfachsten ist es, so vorzugehen,

daß der Rechner aus der beim Honen gemessenen Weg/Zeit-Funktion die zugeordnete Geschwindigkeitsfunktion differenziert, die den Umschlagpunkt (in der entsprechenden Kurve) als deutlichen Knickpunkt ausweist. Von besonderer Bedeutung ist die Anwendung des beschriebenen Verfahrens für die Herstellung von Werkstücken, insbesondere von Werkstücken für die Massenfertigung, von Kraftfahrzeugmotorbauteilen und Lagern, die bei kurzer Bearbeitungszeit eine Maßtoleranz von unter $3\text{ }\mu\text{m}$, eine Geometrietoleranz von unter $0,5\text{ }\mu\text{m}$ und eine Oberflächenrauigkeit von unter $0,1\text{ }\mu\text{m}$ aufweisen müssen.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß eine abtragende Bearbeitung an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung, insbesondere aus härtbarem Stahl, hochgenau über die gesamte zu bearbeitende Oberfläche, unter Verzicht auf das bis heute übliche Schleifen in Form eines Grobschleifens in der Arbeitsfolge Weichdrehen-Härten-Schleifen-Honen, mit extremer Genauigkeit möglich ist. Das ist möglich, wenn die zu bearbeitende Oberfläche eine zylindrische Fläche ist, wenn das Drehen als Hartdrehen durchgeführt wird, das Härten also vorgezogen wird und wenn die Steuerung des Hartdrehens über den Vorschub in Abhängigkeit von dem Bearbeitungsergebnis insgesamt unter Einsatz einer rechnergestützten In-Prozeß-Meßsteuerung beim Honen erfolgt. Es versteht sich, daß diese In-Prozeß-Meßsteuerung auch die Honbearbeitung steuert. Dem Rechner werden die Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauigkeit, werkstückabhängig, vorgegeben. Die Erfindung erreicht sehr kurze Gesamtzeiten des Bearbeitungsvorganges für die einzelnen Werkstücke.

Ein Beispiel mag dieses erläutern: Verlangt ein Werkstück nach der Bearbeitung eine Endrauthtiefe von $R_z 1\text{ }\mu\text{m}$ und führt man dazu die Drehbearbeitung so durch, daß die Rauthtiefe nach dem Drehen eine Rauthtiefe von fast $R_z 2\text{ }\mu\text{m}$ aufweist, um danach durch Honen das Endmaß und die Endrauthtiefe von $R_z 1\text{ }\mu\text{m}$ herzustellen, so ergibt sich eine Gesamtzeit der Bearbeitung von 6,6 min/Werkstück. Arbeitet man demgegenüber bei einem gleichen Werkstück nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einer Rauthtiefe nach dem Drehen von etwa $6\text{ }\mu\text{m}$, so kommt man zu einer Gesamtzeit der Bearbeitung von nur 2 min/Werkstück. Die Zeitersparnis ist also beachtlich. Von besonderem Vorteil ist, daß die Honsteine sich mit der Bearbeitung jedes neuen Werkstückes durch dessen Drehrauigkeit selbst stärken.

Im folgenden werden die Erfindung und die zur Erfindung gehörenden technologischen Zusammenhänge anhand einer Zeichnung ausführlicher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 das Schema einer Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 eine graphische Darstellung zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand von Meß-

Fig. 3 eine graphische Darstellung zur geometrischen Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Fig. 1 zeigt eine Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, der über ein Transportband 1 mit Ladegreifern und Endladegreifern 2 die zu bearbeitenden Werkstücke im gehärteten Zustand zugeführt werden. Die Härtestation wurde nicht gezeichnet. Man erkennt die Drehstation 3 und die Honstation 4. In der Drehstation 3 erfolgt das Hartdrehen der Werkstücke, wie es den beschriebenen Merkmalen 1.2) und 1.3) entspricht. Danach erfolgt wie beschrieben das Honen in der Honstation 4 nach Maßgabe der Merkmale 1.4) und 1.5). Im übrigen erkennt man eine In-Prozeß-

Meßsteuereinrichtung 5 mit Rechner 6 und Meßwertabnahme beim Honen über einen geeigneten Meßtaster 7. Die Meßwerte werden dem Rechner 6 zugeführt, der wie beschrieben arbeitet und über die Maschinensteuereinrichtungen 8 und 9 die Drehbearbeitung bzw. die Honbearbeitung steuert.

Die Fig. 2 zeigt eine obere und eine untere graphische Darstellung, welche die Honbearbeitung erläutern. Auf der Abszissenachse der beiden graphischen Darstellungen ist die Zeit t eingetragen.

Auf der Ordinatenachse der oberen graphischen Darstellung in Fig. 2 ist die Abtragtiefe AT dargestellt. Man erkennt in der oberen graphischen Darstellung als Kurve die Weg/Zeit-Funktion 10 der Abtragtiefe. Die Weg/Zeit-Funktion fällt zunächst im Teilstück 11 in der Zeitspanne $t_2 - t_1$ steil ab und geht dann über einen Bogen 12 in der Zeitspanne $t_3 - t_2$ in eine Gerade 13 über. Diese erreicht in der Zeitspanne $t_5 - t_4$ das genaue Fertigmaß AT_0 . Durch Honen wurde nach Erreichen der Zeit t_3 das Maß AT abgetragen. Die vorgegebene Fertigrauigkeit war jedoch bereits bei t_4 erreicht. Die Honbearbeitung mußte über t_4 hinaus bis zur Zeit t_5 fortgesetzt werden, um das Werkstück auf das vorgegebene Fertigmaß zu bringen.

Auf der Ordinatenachse der unteren graphischen Darstellung der Fig. 2 ist die Abtraggeschwindigkeit AV für die zu der oberen graphischen Darstellung erläuterte Weg/Zeit-Funktion 10 als Geschwindigkeit/Zeit-Funktion 14 als Kurve dargestellt. Sie wurde z. B. durch Differenzieren der Weg/Zeit-Funktion 10 mit Hilfe des Rechners gebildet. Man erkennt zu Beginn der Honbearbeitung in der Zeitspanne $t_2 - t_1$ einen Kurvenabschnitt 15 mit kleiner Abtraggeschwindigkeit, in der Zeitspanne $t_3 - t_2$, entsprechend dem Bogen 12 in der oberen graphischen Darstellung, einen Kurvenabschnitt 16 mit hoher Abtraggeschwindigkeit und anschließend, entsprechend der abfallenden Geraden 13 der oberen graphischen Darstellung, die waagerechte Gerade 17, die eine konstante Abtraggeschwindigkeit bedeutet.

Es wurde bereits im Zusammenhang mit der oberen graphischen Darstellung erwähnt, daß bei t_4 die Fertigrauigkeit des Werkstückes bereits erreicht war. Das wird erfindungsgemäß ausgenutzt, weil das Abdrehen über den Vorschub des Abdrehwerkzeuges so gesteuert wird, daß der Grundkreis der beim Abdrehen erzeugten Rauthtiefe mit möglichst geringem Abstand an den in Merkmal 1.5) definierten Umschlagpunkt anschließt, der in Fig. 2 mit dem Bezugszeichen 18 versehen wurde. Im Beispiel ist so durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Zeitspanne $t_3 - t_4$ für die Bearbeitung des der graphischen Darstellung zugrundeliegenden Werkstückes eingespart worden.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich die in der vorstehenden Erläuterung nicht behandelten Toleranzprobleme berücksichtigen. Dazu wird auf die Fig. 3 verwiesen. Die Fig. 3 zeigt einen Axialschnitt durch ein kreiszylindrisches Werkstück 19 mit Achse 20 und makroskopisch vergrößerter Oberfläche 21. In der Fig. 3 bezeichnet D_D den Hüllkreisdurchmesser unter Berücksichtigung des Drehtoleranzbereiches und T_D diesen Toleranzbereich beim Drehen. R_z bezeichnet die Rauthtiefe beim Drehen. $R_{z\text{ max}}$ bezeichnet die Rauthtiefe, die sich beim Drehen mit großem Vorschub einstellt. T_R gibt den Bereich der Rauthtiefentoleranz beim Drehen an. In der Fig. 3 bezeichnet D_F den Durchmesser nach der Honbearbeitung und T_F den Toleranzbereich beim Honen. Durch Schraffur wurde eine Neuhärtezone a dargestellt, die sich im Rahmen des

erfindungsgemäßen Verfahrens beim Hartdrehen einstellen kann, die jedoch nach dem erfindungsgemäßen Verfahren abgearbeitet wird, — und die Honbearbeitung wird so geführt, daß die Neuhärtezone abgearbeitet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zum abtragenden, hochgenauen Bearbeiten von zylindrischen Flächen an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung, insbesondere aus härtbarem Stahl, durch Drehen und Schleifen, mit den folgenden Merkmalen:

1.1) das Werkstück wird vor dem Drehen der Härtungsbehandlung unterworfen,

1.2) das gehärtete Werkstück wird durch Hartdrehen mit einer Maßtoleranz von größer $10\text{ }\mu\text{m}$ sowie mit einer Rauhtiefe von größer $R_z\text{ }2\text{ }\mu\text{m}$ auf das Abdrehungsmaß abgedreht,

1.3) beim Abdrehen des Werkstückes gemäß Merkmal 1.2) bezieht sich die Maßtoleranz auf den Hüllkreis der Oberflächenrauhtiefe, die außerdem einen Grundkreis aufweist,

1.4) das abgedrehte Werkstück wird unmittelbar durch Honen auf die Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauhtiefe gebracht,

1.5) beim Honen wird die Weg/Zeit-Funktion der Abtragtiefe im Bereich zwischen Hüllkreis und Grundkreis sowie über den Grundkreis hinausgehend gemessen und aus diesen Messungen wird der Umschlagpunkt in der Weg/Zeit-Funktion ermittelt, hinter dem die Abtraggeschwindigkeit mit praktisch konstantem Wert ausläuft,

1.6) das Abdrehen wird über den Vorschub des Abdrehwerkzeuges so gesteuert, daß der Grundkreis der beim Abdrehen erzeugten Rauhtiefe mit möglichst geringem Abstand an den im Merkmal 1.5) definierten Umschlagpunkt anschließt,

wobei das Merkmal 1.4) und das Merkmal 1.5) mit einer In-Prozeß-Meßsteuereinrichtung durchgeführt werden, die einen Rechner aufweist, und wobei der Rechner das Abdrehen nach Maßgabe des Merkmals 1.6), unter Berücksichtigung der vorgegebenen Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauhtiefe steuert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei beim Abdrehen gemäß Merkmal 1.2) eine Neuhärtebildung zugelassen und diese durch das Honen abgearbeitet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Rechner der Meßsteuereinrichtung die Drehtoleranz beim Hartdrehen berücksichtigt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Rechner aus der beim Honen gemessenen Weg/Zeit-Funktion die zugeordnete Geschwindigkeitsfunktion differenziert, die den Umschlagpunkt (in der entsprechenden Kurve) als Schnittpunkt aufweist.

5. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 für die Herstellung von Werkstücken, insbesondere für die Massenfertigung von Kraftfahrzeugmotor-Bauteilen und Lagern, die bei kurzer Bearbeitungszeit eine Maßtoleranz von unter $3\text{ }\mu\text{m}$, eine Geometrietoleranz von unter $0,5\text{ }\mu\text{m}$ und eine Oberflächenrauhtiefe R_z von unter $0,1\text{ }\mu\text{m}$ aufweisen.

- Leerseite -

Fig. 1

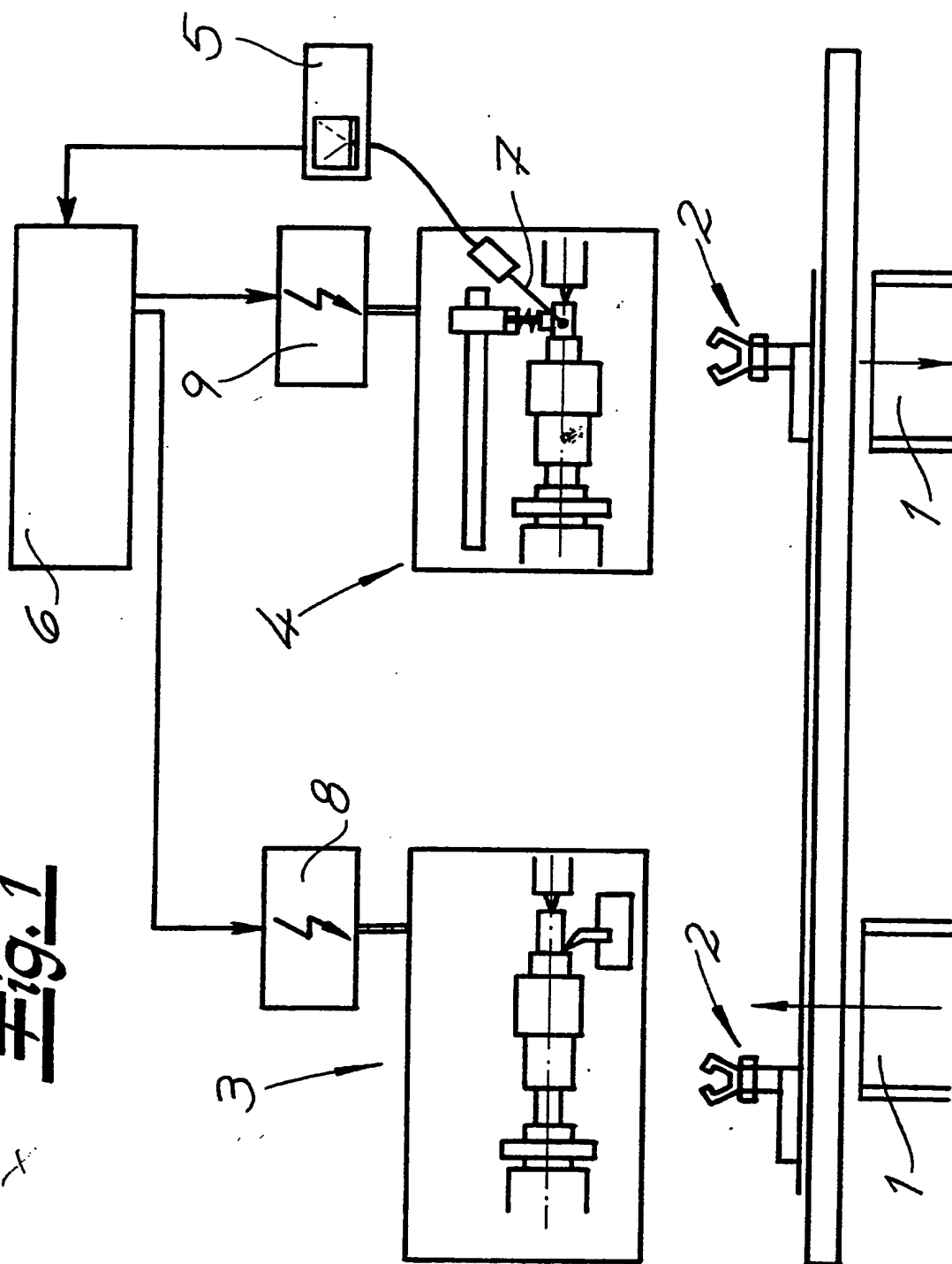


Fig. 2

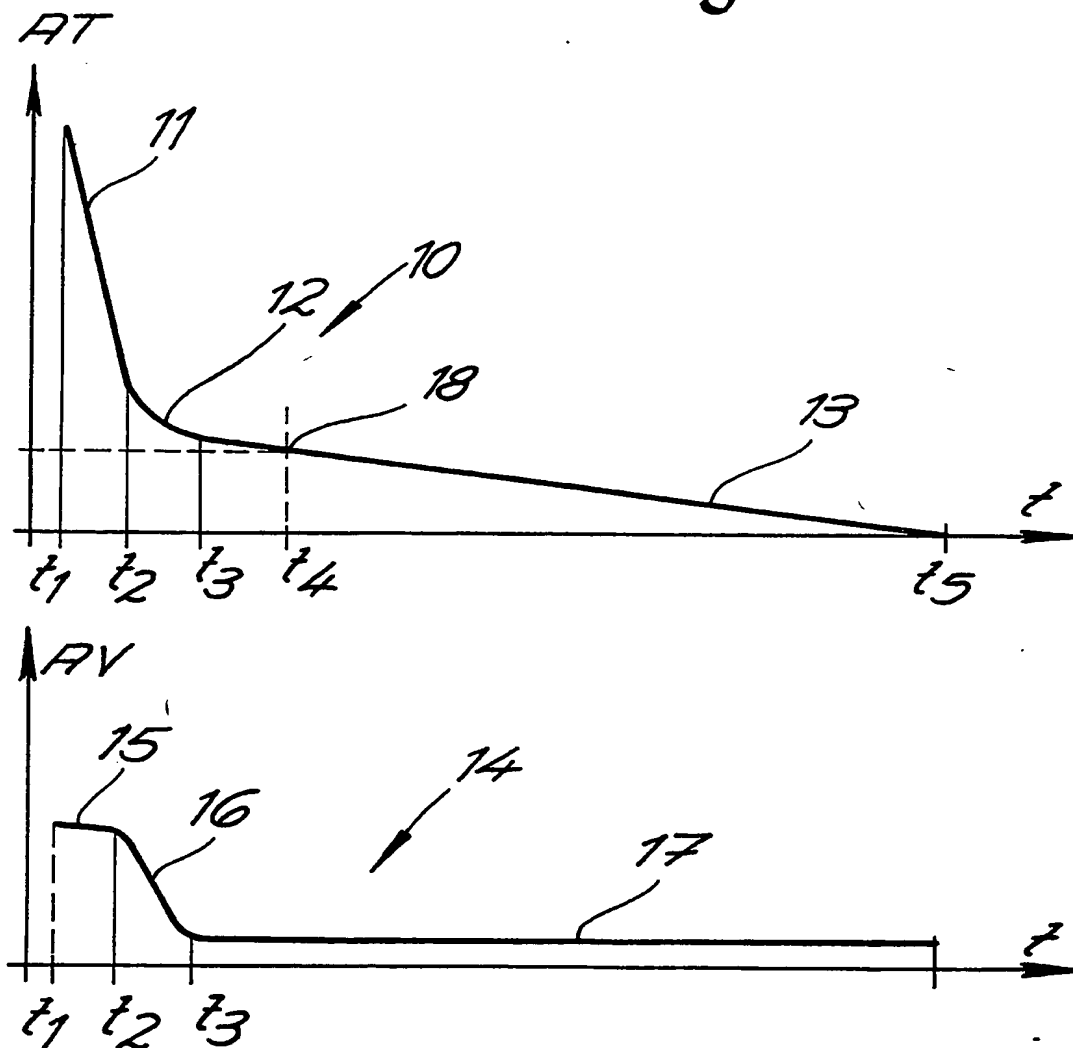


Fig. 3

